氨液作爲水稻肥料之研究

張　守　敬

無水氨 (Anhydrous Ammonia) 含氮82%，在高壓之下，儲于鐵筒之中。氨液 (Aqua Ammonra) 含氮 24.7%，爲一噸之無水氨與 2.33噸之水混和稀釋而成，在常溫之下，並無壓力，可儲於汽油桶中。此種肥料之應用，於1930年始於California (1). 近年以來，應用日廣，除用以氨化 (Ammoniation) 燐肥以外，並直接用以作爲肥料，此兩種肥料之價格爲各種氮肥中之最低廉者 (2) 且施用之後，土壤無變酸之趨向，據 Andrews (3) 氏之推測，1948年在美國之應用面積可達一百萬英畝。

關於無水氨及氨液應用之簡史， Jackson 及 Chang 二氏 (6) 曾有簡要之叙述，關於其肥效之試驗結果，Andrews 氏 (5) 曾彙集於其著作中，而英國之土壤肥料學雜誌中又有一綜合之介紹 (4). 此種肥料之應用雖普遍於美國，但以西部之灌溉區爲多，其法將氨液或無水氨在灌溉水道之一定地方，隨灌溉水之流行而徐徐帶入灌溉田中，此種施肥法稱爲氮化法 (Nitrogation), 據報告成效甚著，至於直接施用於土上，則以 Mississippi 州爲最盛。

植物所需氮素之形態有二，卽硝態與銨態，關於這方面的研究，Miller 氏 (7) 曾作一詳盡之檢討，水稻所能利用之氮以銨態爲主，幾爲一共認之事實，文獻甚多，故無水氨與氨液或爲一種優良之水稻肥料。

以無水氨或液作爲水稻之肥料，其方法與效果尙少文献可稽，吾人已知土壤對於氨之吸收力甚大，據 Jackson 等 (6) 之研究，以無水氨直接施於土壤，若施用之深度在六吋以下，卽每英畝之施量高達氮 600 磅，亦可被卽刻吸收而無損失。但存在於灌溉水及土壤溶液中未被吸收者，其損失之速率如何，現尙少見。此種資料，可供設計施用方法之參考，本研究之目的，欲在這方面獲得若干資料。

I. 氨 之 瀰 散

土壤對於氨之吸收力極大，以普通施量施用時，土壤當可完全吸收，而無逸失之虞，但在二種情形之下，可能有大量之飛失：(1) 存在於田面之灌溉水中，(2) 土壤不能完全吸收而以氫氧化銨態存於土壤溶液中，因肥料不能散布全土面，故容有局部施肥過濃，一時不能吸收之可能，在此二種情形下，氨可由瀰散而飛失。

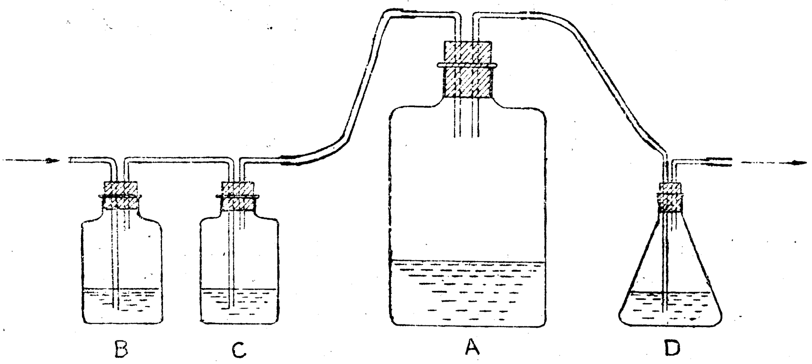
吾人皆知氫氧化銨之飛失甚快，其速度隨濃度，氣溫，氣壓而不同，但一般情形下，其飛失之速度究竟如何，在施用方法上宜加何種注意庶可免大量之損失，而收肥料之實效，尙無實驗之資料。

(A)　試驗方法

用容積爲 5 公升之瓶一個，其底面積爲 100 cm^2，此面積適爲一公頃之 1/1,000,000, 在此面積上施用 1 mg. 之氮，卽等於每公頃施氮 1 kg，又每加 100 ml 之水卽等於每公頃加 1 cm 之水。瓶口配一双孔塞，其一孔連接一抽氣機，而在二者之間加一個盛標準硫酸溶液之瓶，其另一孔爲空氣之入口，使通過濃硫酸及氫氧化鈉以吸收空氣中之 CO_2 及可能存在之 NH_3. 瓶中以不同方式施用氫氧化銨，抽氣機開動時，大瓶中之空氣經標準硫酸液瓶而出，凡瀰散出之氨均爲酸所吸收，其量可以標準鹼液滴定而知之，其裝置如下圖：

圖一　　氨態氮瀰散逸失之測定裝置

Fig 1　The set-up for the determination of loss of NH_3-N by diffusion



A　盛氨液與土壤 (Soil with applied ammonia)
B　濃 H_2SO_4 (Concentrated H_2SO_4)
C　濃 NaOH (Concentrated NaOH)
D　標準 H_2SO_4 溶液 (Standard H_2SO_4 solution)

(B)　試驗結果與討論

試驗結果見表一及表二，每一數值皆爲二次測定值之平均，就上述裝置所作之二次測定值雖不相同，但極接近，偏差甚小，無超過 3 %者。

表一　　氨態氮在流動空動氣中之瀰散損失量

Table 1　The loss of ammonia nitrogen by diffusion in flowing air

處理 Treatments		氨態氮在流動空氣中由瀰散損之量（公斤/公頃）及其對施用量之% The amount of loss (kgs/ha) of NH_3-N and its % to that added									
		1 hrs	2 hrs	3 hrs	4 hrs	5 hrs	6 hrs	7 hrs	8 hrs	9 hrs	10 hrs
✱ NH_3-N 100 kgs/ha 存於 4 cm 的灌溉水中，施於含最適水份量的酸性土壤上 (PH 5,2) NH_3-N 100 kgs/ha in 4 cm of irregation water, applied on acid soil (PH 5.2) at optimum moisture content.	kgs/ha	0	0	0	0	—	0	—	—	—	—
	%	0	0	0	0	—	0	—	—	—	—
✱ NH_3-N 100 kgs/ha 存於 4 cm 的灌溉水中施，於含最適水份量的石灰性土壤上 (PH 7.8) NH_3-N 100 kgs/ha in 4cm of irrigation water applied on calcareous soil (PH 7.8) at optimum moisture content	kgs/ha	1.2	2.0	—	—	—	—	—	—	—	2.4
	%	1.2	2.0	—	—	—	—	—	—	—	2.4
✱ NH_3-N 500 kgs/ha 存於 4cm 的灌溉水中，施於含最適水份量的酸性土壤上 (PH 5,2) NH_3-N 500kgs/ha in 4cm of irrigation water applied on acid soil (PH 5.2) at optimum moisture content.	kgs/ha	—	30	—	43	—	51	—	56	—	—
	%	—	6.0	—	8.5	—	10.2	—	11.1	—	—
✱ NH_3-N 500 kgs/ha 存於 4cm 的灌溉水中，施於含最適水份量的石灰土壤上 (PH 7.8) NH_3-N 500kgs/ha in 4cm of irregation water applied on limed soil (PH 7.8) at optimum moisture content.	kgs/ha	—	37	—	54	—	62	—	70	—	—
	%	—	7.4	—	10.7	—	12.4	—	13.9	—	—
✱✱ NH_3-N 100 kgs/ha 存於 3cm 的灌溉水中，施於水份飽和的酸性土壤上 (PH 5.2) NH_3-N 100kgs/ha in 3cm of irregation water applied on water-satrnated soil (PH 5.2)	kgs/ha	38.2	55.8	64.7	72.6	—	75.7	—	79.9	—	82.9
	%	38.2	55.8	64.7	72.6	—	75.7	—	79,9	—	82.9
✱✱ NH_3-N 100kgs/ha, 存於 4cm 的灌溉水中，施於水份飽和的酸性土壤上 (PH 5,2) NH_3-N 100 kgs/ha in 6 cm of irregation water, applied on water saturated soil (PH5.2)	kgs/ha	23.9	39.9	49.3	55.5	—	65.2	—	73.5	—	78.5
	%	23.9	39.9	49.3	55.5	—	65.2	—	73.5	—	78.5

★★ NH_3-N 100 kgs/ha，存於 10 cm 的灌漑水中，施於水份飽和的酸性土壤上 (PH 5.2)	kgs/ha	17.2	30.0	38.2	45,7	—	55.8	—	62.2	—	67.4
NH_3-N 100kgs/ha in 10cm of irregation water applied on water saturated soil (PH 5.2)	%	17.2	30.0	38.2	45.7	—	55.8	—	72.2	—	67.4
★★★ NH_3-N 100 kgs/ha 存於 3cm 深的水份飽和的砂中	kgs/ha	—	12.5	—	18.3	—	23.4	—	—	—	31.8
NH_3-N 100 kgs/ha in water saturated beech sand, 3cm in depth.	%	—	12.5	—	18.3	—	23.4	—	—	—	31.5
★★★ NH_3-N 100 kgs/ha 存於 6cm 深的水份飽和的砂中	kgs/ha	—	7.1	—	10.0	—	11.8	—	—	—	15.5
NH_3-N 100 kgs/ha in water saturated beech sand, 3cm in depth.	%	—	7.1	—	10.0	—	11.8	—	—	—	15.5
★★★ NH_3-N 500 kgs/ha 存於 3cm 深的水份飽和的砂中	kgs/ha	94	109	135	15.7	175	187	200	211	220	227
NH_3-N 500 kgs/ha in water saturated beech sand, 3cm in depth.	%	14.8	21.8	27.0	31.3	35.0	37.4	39.9	42.1	44.0	45.5
★★★ NH_3-N 500 kgs/ha 存於 6cm 深的水份飽和的砂中	kgs/ha	22	36	48	57	65	72	79	85	92	97
NH_3-N 500 kgs/ha in water saturated beech sand, 6cm in depth.	%	4.4	7.2	9.6	11.4	13.0	14.4	15.8	17.0	18.3	19.3

★ 將含 NH_3-N 100mgs. 或 500 mgs. 之 NH_4OH 溶液 400 mls 加於土壤上。土壤厚 10 cm,
Apply 400 mls. of NH_4OH solution containing 100 mgs. or 500 mgs. of NH_3-N to the soil layer of 10 cm in depth.

★★ 在水分飽和之土壤上 (土層厚 10 cm)，加水 300, 600, 1000 mls. 使土面之積水各爲 3, 6, 10 cm, 然後再加含 NH_3-N 100 mg 之 NH_4OH 溶液 5 ml.
Add 300, 600, or 1000 ml of water to the water saturated soil layer (10 cm in depth) and then apply 5 ml of NH_4OH solution containing 100 mg of NH_3-N.

★★★ 將含有 NH_3-N 100 mg 或 500 mg 之 NH_4OH 溶液適量加於石英砂中，使此石英砂中之水分適達飽和。
Add a calculated volume of NH_4OH solution containing 100 or 500 mg of NH_5-N to beech sand to make it water-saturated.

由表中數字可知施用氨液於含適量水份之土壤上，氨液能滲入土壤中與土粒作全面的接觸，其氮之施量爲100公斤/公頃時，幾乎卽刻完全能被土壤吸收而無飛失，卽施用氮500公斤/公頃，其損失亦甚有限，在上述之施量限度內土壤之反應對於瀰散損失之量，無顯明影響。

假如施用之 100 公斤氨態氮完全存在于土面之灌漑水層中，則逸失甚快，在流動之空氣中一小時後逸失 17.2%至 38.2%四小時後逸失 4.57%至 72.6%，10 小時後逸失 77.4%至 829%，隨濃度而不同，濃度愈大者，逸失之速率愈增。

因用氨液作爲肥料施用時，不能十分平均，遂致局部之濃度過高，土壤不能吸收，以氫氧化銨態存在于土壤之溶液中。吾人假定石英砂完全不吸收氨態氮，存在于石英砂孔隙中之氫氧化錏却如眞正土壤溶液中之氫氧化銨，此種土壤溶中之氫氧化銨，其逸失之速度，由測定之結果，可知氨態氮之施量爲 100 kgs/ha 時，在流動之空氣中經十小時後損去 15.5%至 31.8%，隨濃度而不同。如施用量爲 500 kgs/ha，在同樣情形下可損失 19.3至 45.4%；相當於 97-227 公斤之 N, 其量亦相當可觀。

上述之流動空氣，爲一極端情形，正常之空氣中，損失或不若如是之速，然由下列實驗數據，可知在平常之空氣中，其損失亦至迅速。

在一底面積爲 100 cm^2 之鉢中，作下表中所列之種種處理，不加蓋子，將鉢露於靜止空氣中，經過一定時間後；抽取一定量之水分，滴定其中 NH_3-N 之濃度，從而計算其損失量，實驗結果如表二：

表二　氨態氮在靜止空氣中之瀰散損失量

Table 2 The loss of ammonia nitrogen by diffusion in quiet air

處理 Treatments	氨態氮在靜止空氣中由瀰散損失之量(kgs/ha)及其對施量之% The amount of Loss of NH_3-N by diffusion (kgs/ha or%)									
	1天 days	2天 days	3天 days	4天 days	5天 days	6天 days	7天 days	8天 days	9天 days	10天 days
NH_3-N 100 kgs/ha 在 3cm 厚之水中 NH_3-N 100 kgs/ha in 3cm of water	81.5	87.0	89.1	—	91.3	—	—	—	—	9.46
NH_3-N 100 kgs/ha 在 6cm 厚之水中 NH_3-N 100 kgs/ha in 6cm of water	57.8	72.2	76.7	—	81.1	—	—	—	—	86.7
NH_3-N 100 kgs/ha 在 10cm 厚之水中 NH_3-N 100 kgs/ha in 10cm of water	49.3	60.5	69.1	—	71.9	—	—	—	—	79.5
NH_3-N 100 kgs/ha 在 3cm 厚的水分飽和的砂中 NH_3-N 100 kgs/ha in water saturated beech sand of 3cm in depth	—	60.0	—	65.4	—	—	—	—	—	—
NH_3-N 100 kgs/ha 在 6cm 厚的水份飽和的砂中 NH_3-N 100 kgs/ha iu water saturated beech sand of 6cm in depth	—	45.2	—	48.4	—	—	—	—	—	—
NH_3-N 100kgs/ha 在 10cm 厚的水份飽和的砂中 NH_3-N 100 kgs/ha in water saturated beech sand of 10 cm in depth	—	30.6	—	39.7	—	—	—	—	—	—

前述二表之實驗結果，表明下列各事實：

I. 不論土壤之反應爲何，施用氨態氮100至 500 kgs/ha 時，如與表土充分接觸，可以完全吸收而無逸失之虞。

2. 氨存在於土面灌溉水中或土壤溶液中，其飛失之速率至大，而與濃度爲正比。

3. 氨施用于水田，宜在排水之後，且宜卽刻與土壤充分混和，絕不可直接施於田面之灌溉水中。

4. 土壤之反應與逸失之量無顯明之關係。

II. 氨對於水稻之肥效

(A) 田間試驗

本試驗在1948年第二期作及1949年第一期作舉行，試驗地之土壤爲冲積的酸性壤土。1948年之試驗分二部：其第一部栽培於原土壤，其第二部栽培於施用石灰之土壤，石灰之施量爲 $CaCO_3$ 8 ton/ha，處理分三種，卽無氮區，硫酸銨區及氨液區，隨機排列，各重複四次。每小區面積爲10平方公尺；栽蓬萊水稻324穴，每穴三株，肥料之施量爲 N, P_2O_5, K_2O 各 80 kgs/ha P_2O_5 及 K_2O 完全作爲基肥，N之一半爲基肥，一半爲追肥，施肥之時，水未排去。氨之施用方法爲將每小區之施量溶於 5 公升之水中，盛噴水壺中，平均漏佈每小區之上，同時以足攪拌泥土，1949年之試驗則僅在酸性土壤上舉行，不施石灰，且氮燐鉀均一次施用作爲基肥，餘均與1948年之試驗方法相同。

試驗結果用變量分析法測定其差異顯著性，的表四及 PH 表五：

表三　施用不同氮肥後之土壤　(四區平均)

Table 3 The PH of soils treated with different nitrogen fertilizers

測定時間 Time of determination	不施石灰區 Without lime			施石灰區 With lime		
	無氮 No N	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4OH	無氮 NO N	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4OH
肥後四天 4 days after application	5.2	5.2	5.2	7.7	8.1	8.2
收穫後 After havesting	5.1	4.9	5.4	6.1	5.6	5.9

表四　不同氮肥對於水稻產量之影響及其差異之顯著性　(1948年二期作)

Table 4 The response of the yield of rice to different nitrogen fertilizers (2nd crop of 1948)

處理 Treatments	不施石灰區 Without lime		施用石灰區 With lime	
	穀 Seed (kgs/ha)	藁 Straw (kgs/ha)	穀 Seed (kgs/ha)	藁 Straw (kgs/ha)
$(NH_4)_2SO_4$	1288	3251	1469	3470
NH_4OH	1150	2512　739★	1331	2774　696★
無氮 NO N	1125	1785　1466★★　727★	1288	2520　950★★　254
差異之顯著性 Significance of difference	F value 不顯著 (insignificant)	★ 5%顯著值 (significant value of difference) = 692 ★★ 1%顯著值 (significant value of difference) = 1049	F value 不顯著 (insignificant)	★ 5%顯著值 (significant value of difference) = 620 ★★ 1%顯著值 (significant value of difference) = 940

表五　不同氮肥對於水稻產量之影響及其差異之顯著性　(1949年一期作)

Table 5 The response of the yield of rice to different nitrogen fertilizers (1st crop of 1946)

處理 Treatments	穀 Seed (kgs/ha)	藁 Straw (kgs/ha)
$(NH_4)_2SO_4$	5275	3275
NH_4OH	4738　537★★	3015　260
無氮 NO N	3313　1962★★　1425★★	2353　922★★　622★★
差異之顯著性 Significance of difference	★ 5%差異顯著值 (significant value of difference) = 328 ★★ 1% 差異顯著值 (significant value of difference) = 497	★ 5%差異顯著值 (significant value of difference) = 303 ★★ 1% 差異顯著值 (significant value of difference) = 460

(B) 盆栽試驗：

盆栽試驗在1948年第二期作及1949年第一期作舉行，1948年者分不施石灰及施石灰二組，1949年者，只就不施石灰之土壤舉行，每組中之處理，則1948及1949年者相同。即：(1)無氮 (2)硫酸銨(3)氨液施用後，即刻與土壤拌和 (4)氨液施用於土面之灌溉水中不與土壤混和。每處理二鉢，每鉢之土重 10kg, 石灰與三要素之量與田間試驗同(假定每公頃表土重250萬公斤)，惟三要素皆作爲基肥一次施用，每鉢栽水稻五枝。

1948年秋季之試驗因移植太遲，結果不佳，無氮區生長情形雖甚劣，但以成熟較早，穀之重量高於其他處理，故不足爲據，今示二次之試驗結果如下：

表六　不同氮肥對於水稻產量之影響　(1948年第二期作)

Table 6 The rospcnse of the yield of rice to different nitrogen fertilizers (2nd crop of 1948)

	高度(五株平均) Height (Average of 5 plants) cm	藁乾物重(克/鉢) Wt. of dry straw (9m/pot)	分蘗數(每罐總數) No. of tillers (Total of per pot)	有效分蘗數(每罐總數) No. of effective tillers (Total of per pot)
施石灰者 With lime				
1 $(NH_4)_2SO_4$	118	50	18	13
2 NH_4OH, 與土壤混和 NH_4OH, mixed with soil	118	52	15	10
3 NH_4OH, 不與土壤混和 NH_4OH, unmixed with soil	114	37	13	9
4 氣 氮 No N	109	40	13	10

不施石灰者 (Without Lime)				
1 $(NH_4)_2SO_4$	118	60	23	18
2 NH_4OH, 與土壤混合 NH_4OH, mixed with soil	110	47	16	12
3 NH_4OH, 不與土壤混合 NH_4OH, unmixed with soil	98	26	9	6
4 無 氮 No N	94	18	7	4

表七　不同氮肥對於水稻產量之影響 (1949年一期作)

Table 7 The response of the yield of rice to difforeut nitrogen fertilizers (1st crop 1949)

處 理 Treatments	高度(五株平均) Height(average of 5 plants) cm	分 蘖 數 (每罐總數) No. of tillers per pot	有效分數 (每罐總數) No. of effective tilleis per pot	藁乾物重 Wt of dry straw (gm/pot)	穀乾物重 Wt of dry seed (gm/pot)
$(NH_4)_2SO_4$	114	18	12	48	28
NH_4OH, 與土壤混合 NH_4OH, mixed with soil	114	15	10	40	20
NH_4OH, 不與土壤混合 NH_4OH, Unmixed with soil	109	11	7	29	7
無 氮 No N	107	10	7	29	5

(C) 討　論

1948年之田間試驗之晚期，受螟害極烈，穀實大受影響，故F值不顯著，產量不足資比較。但由藁之產量，可知氨液區之產量雖較無氮區爲高，但皆不如硫酸銨。氨液肥效之所以不如硫酸銨，其原因以向空中彌散爲主。田間試驗時，氨液雖與土壤卽刻混和，然此種飛失仍不能免，而在作爲追肥施用之時，落於水稻莖葉上之氨液則幾乎全部損失。1949年之田間試驗結果，氨液區之產量不如硫酸銨區，但較無氮區顯着的高，是年氮肥完全作爲基肥施用，實爲其主要原因之一。在盆栽試驗時，氨液旣可與土壤充分混合，又無落於莖葉之虞，故飛失當較少，以上盆栽試驗之結果中，可見氫氧化銨與土壤混合者，其產量與硫酸銨幾相接近，而不與土壤混合者，其產量與無氮區相等，其肥效幾等於零。1948年及1949年之試驗均得相同之結果。 Mcintire (8) 在其盆栽試驗中，知氫氧化銨之效果略遜於硫酸銨，其原因謂爲由於氫氧化銨之飛失。印度之學者曾以氫氧化銨作爲水稻之肥料，稱其肥效不確實，其原因當由于施用時易遭損失，所見略同。

土壤 pH 對氨態氮彌散之影響，據實驗室中之結果幾不可察。但據 1948 年盆栽試驗與田間試驗之結果，在不施石灰情形下，氨態氮區之生產量較無氮區爲高，在施用石灰之情形下，前者之產量與後者同，可見氨液施用之時，如不與土壤充分混合則中性以上之土反應，多少可助長氨之逸失。

III. 結　論

用氨液作爲水稻之肥料，宜在施用之時卽刻與土壤接觸，充分混合使之吸收。如存在於土面之灌溉水層中，或存在於土壤溶液中，彌散損失之量極大，不論在流動或靜止空氣中數小時後卽可損失過半。因此，此種肥料之安全施用，似必須使用機械，且宜作爲基肥。我國農家習用之施肥方法，不適於氨液。

提　要

本試驗係研究氨液作爲水稻肥料之肥效，以及向空中彌散損失之數量。試驗分實驗室分析，盆栽

及田間試驗三部份，共結果摘要如下：

1. 100-500 kgs/ha 之氨態氮施用於適量水份之土壤上，不論土壤之反應爲何，皆能完全吸收而無逸失。
2. 100 kgs/ha 之氨態氮存在於田面 3-10cm 之灌溉水中，在流動空氣中經 10 小時後之逸失量達 67.4% 至 82.9%，在靜止空氣中經一天後之逸失量自 41.3%至 81.5%，隨濃度而增加。
3. 100 kgs/ha 之氨態氮存在於 3-6 cm 厚水份飽和之石英砂中，在流動空氣中十小時後逸失15.5-31.8%，如爲 500 kgs/ha 時，其逸失量爲 19.3-45.4%，隨濃度而增加。
4. 100 kgs/ha 之氨態氮存在於 3-10 cm 厚水份飽和之石英砂中，二天後在靜止空氣中之逸失量爲 30.6至 60.0%，隨濃度而增加。
5. 據盆栽試驗及田間試驗之結果，如氨液之施用不與土壤立刻混合，則幾完全損失，絕少肥效，如與土壤混合，則肥效仍略遜於硫酸銨，土壤之反應似與其肥效無關。

A Preliminary Study on Ammonia Solution as a Fertilizer of Rice

S. C. Chang

(Summary)

The purpose of this experiment is to study the ammonia as a fertilizer of rice and the loss of nitrogen from diffusion. Laboratory works., greenhouse culture and field experiments were conducted.

The results may be Summarized as follows

1, 100-500 kgs/ha of ammonia nitrogen applied on soil of optimum moisture content were entirely absorbed no matter what is the reaction of the soil.

2, 100 kgs/ha of ammonia nitrogen in 3-10 cm of irregation water on the soil surface as in the case of paddy field lost 76.4 % to 82.9 % of that applied in 10 hours in flowing air and lost 41.3% to 81.5% in one day in quiet room air according to the concentration of the ammonia.

3, 100 kgs/ha of ammonia nitrogen in 3-6 cm of water-saturated beech sand lost 15.5% to 31.8% of that applied in 10 hours in flowing air. If 500 kgs/ha of nitrogen were applied, the loss was 19.3% to 45.5% in one hour under the same condition.

4, 100 kgs/ha of ammonia nitrogen in 3-10 cm of water-saturated beech sand lost 30.6% to 60.0% of that applied in two days in quiet room air.

5, The results of the pot and field experiments showed that the ammonia nitrogen caused no increase in the yield of rice due to loss of diffusion if not mixed with soil during application and its effect was almost comparable, but still a little inferior to that of ammonium sulphate if mixed with soil, because a little loss is unavoidable.

Literatures cited

1, Anonymous Nitrogation with shell NH_3 on irregated farms. Shell Chem. Co., San Francisco, Calif. 1942.
2, Anonymous The utilization of government synthetic ammonia plants for fertilizer productions. U.S.D.A. mimeo. by a working group of the inter-bureau committee on post war programs. 1944.
3, Anonymous NFA looks to the future. Commercial Fertilizers, 1947.
4, Anonymous Anhydrous ammonia as a fertilizer. Soils and Fertilizers 1948.
5, Andrews, W.B. The response of crops and soils to fertilizers and manures, published by state college of Mississippi, 1947.
6. Jackson, M. L. and Chang, S. C. Anhydrous ammonia retention by soils as influenced by depth of application, soil texture, moisture content, PH value and tilth. Jour. Amer. Soc. Agron. 1947.
7, Miller, E. C. Plant physiology. Mc Graw-Hill Co. 1930.
8, MacIntire, W. H. et al Response of sudan grass to ammonium hydoxide in pot cultures. Soil Sci, Soc. Amer. Proc., 1944.